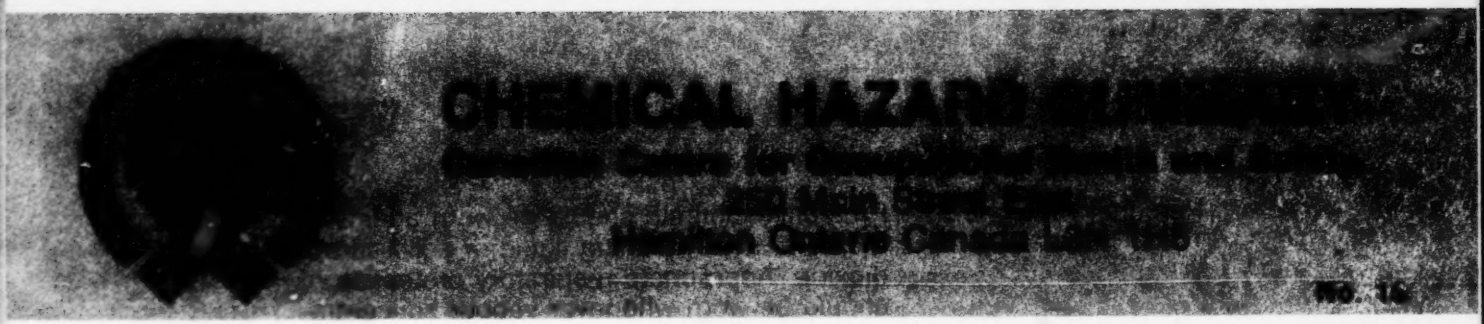

ISSN 0827-8830

CARBON DIOXIDE

Other Names	Carbonic acid, carbonic anhydride, CAS 124-38-9
Description	At room temperature, carbon dioxide is a colourless, odourless gas. In industrial environments, it is also found in liquid or solid ("dry ice") form.

HAZARD SUMMARY

Exposure	Inhalation is the main route of exposure. Eye or skin contact with the liquid or solid is also a health hazard
Effects of Short-Term Exposure	Skin contact with the liquid or solid may cause frostbite. Inhalation of high concentrations may cause an increase in the breathing rate, excitation, headaches, a feeling of suffocation (dyspnea), an increase in the muscular tone, and, at very high concentrations, loss of consciousness and, eventually, death by asphyxiation.
Effects of Long-Term Exposure	Prolonged exposure to carbon dioxide at low concentrations may cause signs of stress and emotional changes such as increased irritability. At high concentrations, prolonged or repeated exposure produces the same effects as short-term exposure.
Fire and Explosion Hazards	Carbon dioxide is incombustible and generally prevents other substances from burning. This is why it is used as a fire extinguisher.
Chemical Reactivity	Carbon dioxide is not a reactive chemical.

Personal Protection	Protective clothing should be worn against the cold when handling liquid or solid carbon dioxide. Appropriate respiratory protection should be worn whenever vapour concentrations exceed permissible limits.
Storage	The liquid should be stored in pressurized cylinders, the solid in insulated containers. In both cases the storage area should be cool and well ventilated. Carbon dioxide is heavier than air and accumulates at ground level.
Exposure Limits	As recommended by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) 1985-1986. Time Weighted Average Exposure (TWA): 5000 ppm (parts per million) or 9000 mg/m^3 (milligrams per cubic metre). Short Term Exposure Limit (STEL): 15,000 ppm (parts per million) or 27,000 mg/m^3 (milligrams per cubic metre).

TWA is defined as the time weighted average concentration for a normal 8-hour workday and a 40-hour workweek.

STEL is defined as a 15-minute time weighted average exposure which should not be exceeded at any time during a workday. Exposures at the STEL should not be longer than 15 minutes and should not be repeated more than four times per day. There should be at least 60 minutes between successive exposures at the STEL.

SCOPE OF THE DOCUMENT

This summary was prepared at the Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS) and is intended primarily as a source of information for persons who work with or may be occupationally exposed to this material. The information selected for inclusion is believed to be reliable and generally relevant to occupational health. Other information may be available which bears on particular work situations. The scientific data in many areas are limited and may allow a variety of interpretations. Additional information, corrections, comments and questions are welcome, and should be addressed to the Inquiries Office, CCOHS, 250 Main Street East, Hamilton, Ontario, L8N 1H6, 416-572-2981.

The information in this document was updated on May 31, 1986.

Cat. No CC273-4/86-7E
ISBN 0-660-12244-8
CCOHS C86-7E

CCOHS/CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

CONTENTS

	SUMMARY	i/1
I.	USES AND OCCURRENCE	3
II.	TOXICOLOGY	3
III.	FIRE AND EXPLOSION HAZARDS	6
IV.	EXPOSURE CONTROL	6
V.	SMALL-SCALE STORAGE AND HANDLING	8
VI.	FIRST AID	8
VII.	EXPOSURE LIMITS	9
VIII.	CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES	11
IX.	REFERENCES	12

I. USES AND OCCURRENCE

Carbon dioxide (CO_2) is one of the gases naturally found in the atmosphere. There are generally from 320 to 500 ppm (0.032% to 0.050%) of carbon dioxide in the air. CO_2 is also a by-product of the complete combustion of organic substances. It is used mainly in the manufacture of other chemicals such as methanol and urea. CO_2 gas is used in the manufacture and preservation of perishable goods, in the manufacture of soft drinks, in the petroleum industry, in arc welding, in aerosols, and in the manufacture of casting cores and moulds. CO_2 liquid is used mainly in chemical extinguishers, as a cooler in the food industry and in refrigerator cars, ships and trucks, and as a source of pressure for coal mining and compressed gas tools. Solid CO_2 (''dry ice'') is generally used for the refrigeration, mixing and pulverizing of heat-sensitive materials[1].

II. TOXICOLOGY

Routes of Exposure

Inhalation is the main route of entry of carbon dioxide into the body. Skin and eye contact with the solid or liquid may also be a health hazard[2].

CCOHS CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Elimination
Carbon dioxide is produced naturally by the body. It is eliminated by the lungs as CO_2 and by the kidneys in the form of carbonates[2].

Effects of Short-Term Exposures in Humans

Inhalation
The symptoms of a single exposure to carbon dioxide vary according to the concentration and the duration of exposure. Physical exertion may also affect the severity of the symptoms. Physical activity increases the breathing rate, which, in turn, increases the amount of CO_2 absorbed. This phenomenon is generally observed when the concentration is greater than 2% (20,000 ppm)[2]. Table 1 summarizes the main effects of a brief inhalation exposure to CO_2.

Inhaling carbon dioxide for several hours at concentrations between 2 and 6% may cause headaches, depression, vision problems, and uncontrolled trembling. Exposure to a concentration of 10% for several hours may result in loss of consciousness[7].

Effects on the Skin
Contact with solid, liquid or gaseous carbon dioxide coming from a pressurized cylinder may cause burns from the cold (frostbite) of varying severity[1].

Effects on the Eyes
Eye contact with solid, liquid or gaseous carbon dioxide coming from a pressurized cylinder may cause corneal burns[1].

CCOHS CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

TABLE 1

Effects of a single exposure
to carbon dioxide in man

Concentration	Exposure time	Symptoms observed	References
3.3 - 7.5%	15 minutes	Increase in the breathing rate, heartbeat, muscular tone, and in the reaction time of the eyes	3
7.5%	15 minutes	Headaches, dizzy spells, muscular agitation	3
7.6%	7.4 minutes	Feeling of suffocation, dizzy spells, headaches, sweating, heavy-headed feeling	4
10%	1.5 minutes	Blinking of the eyes, excitation, nervous twitches	2
15%	3 minutes	Increase in muscular tone, sweating, agitation, dilation of the pupils, muscular spasms, reddening of the skin	2
30%	24-28 sec.	Loss of consciousness	5

Effects of Long-Term Exposure
Long-term exposure to carbon dioxide at low concentrations does not cause any particular problem. Exposure to 1.5% (15,000 ppm) for 42 days caused signs of mild stress[1]. A five-day exposure to 6% of carbon dioxide caused emotional changes[8]. Prolonged exposure to a concentration equal to or greater than 1.5% (15,000 ppm) seems to produce an adaptation or tolerance of the respiratory system[6] to subsequent exposures.

Reproductive Effects
The exposure of rats to 6% (60,000 ppm) of CO_2 for 24 hours, between the 5th and the 21st day of gestation, produced various

CCOHS CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

types of damage to the heart and skeleton of the newborn[5]. The same type of effects were seen in rabbits exposed to concentrations ranging from 10 to 13% (100,000 to 130,000 ppm) for 4 to 10 hours per day, for 2 to 3 days, between the 7th and the 12th day of gestation[9].

In humans, exposure to such concentrations produces serious effects on the health of the mother. However, the concentrations of CO_2 found in normal workplaces are not generally this high and the danger of reproductive effects on humans is thus relatively low.

Toxicity Data in Animals
The relative poisoning potential of a gaseous compound can be assessed from the LC_{50} (lethal concentration) or other values obtained in animal tests. The LC_{50} is the concentration in air which kills half of the animals following an exposure lasting 4 hours or other indicated time period.

The LC_{min} is the weakest lethal concentration observed. The TC_{min} is the weakest concentration causing an observed toxic effect. Test animals are usually rats, mice or other rodents. The values for CO_2 are:

TC_{min} (rat, inhalation, effects on newborn development	60,000 ppm (6%)/24 hours
LC_{min} (rat, inhalation)	65.6%/15 minutes

III. FIRE AND EXPLOSION HAZARDS

Carbon dioxide is an incombustible and nonreactive chemical substance. It also generally prevents other substances from burning and is therefore used as a fire extinguisher[1]. There is a risk of explosion if the pressurized containers in which the CO_2 is stored are damaged.

IV. EXPOSURE CONTROL

Exposure to dangerous chemical substances is best prevented by design of the work process and engineering controls. The principal control measures are:

Substitution	Area ventilation
Isolation	Work practices
Enclosure	Personal hygiene
Local exhaust ventilation	Personal protective equipment

One or more of these measures may be appropriate in any particular situation. A survey of the workplace and consideration of the technical requirements of the work process are usually needed before major changes are made.

For carbon dioxide, local exhaust ventilation using an independent ventilation system is the preferred control measure. In situations where such measures cannot be applied, the use of personal protective equipment may be essential to protect the workers.

Respiratory Protection
Factors to be considered when implementing a respiratory protection program include:

Selection of appropriate respirators
Respirator fit
Respirator maintenance
Cartridge life
Worker training

Respirators should be appropriate to the type of chemical, the nature of the hazard, and the concentration and duration of exposure. These factors are described in more detail in CSA Standard Z94.4, "Selection, care, and use of respirators", available from the Canadian Standards Association.

NIOSH recommends the following protection measures for carbon dioxide*[10]:

Vapour concentration less than or equal to 50,000 ppm (90,000 mg/m^3):
Supplied-air respirator or
Self-contained breathing apparatus.

Emergency situation or entry into an area of unknown concentration or where conditions are immediately dangerous for human life or safety:

*Note: These recommendations apply to respirators approved by NIOSH/MSHA.

CCOHS CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Self-contained breathing apparatus with a full facepiece operated in pressure-demand or other positive-pressure mode; or

Supplied-air respirator with a full facepiece operated in pressure-demand or other positive-pressure mode combined with a self-contained respirator operated in pressure-demand or other positive-pressure mode.

Emergency escape:
Self-contained escape type breathing apparatus.

Protection of the Skin and Eyes
Personal protective equipment against the cold may be necessary for those working with liquid or solid carbon dioxide.

V. SMALL-SCALE STORAGE AND HANDLING

Pressurized cylinders containing carbon dioxide should be stored in a cool area. Solid carbon dioxide ("dry ice") should be kept in insulating containers to reduce the emission of gas. In both cases, the storage area should be provided with an independent general ventilation system to prevent the accumulation of gas. A continual monitoring system (e.g. a direct reading detector together with an alarm system) of the concentrations of carbon dioxide in the storage area is also recommended.

VI. FIRST AID

The following general procedures are suggested for accidents involving carbon dioxide[11,12]:

Inhalation
Before entering an area where there is a risk of exposure to CO_2, the necessary precautions should be taken to ensure personal safety (see section on Respiratory Protection). Remove the source of contamination or move the victim to fresh air. If the victim is no longer breathing, immediately begin artificial respiration. Begin cardiopulmonary resuscitation immediately if the heart is not beating. A qualified person should administer oxygen as soon as possible. Medical attention should be obtained in all but trivial cases of poisoning.

CCOHS CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Eyes
In cases of contact with solid or liquid carbon dioxide (very cold), cover the eyes with dry, sterile gauze compresses and obtain medical attention immediately.

Skin
Avoid touching the affected areas of the body in cases of contact with solid, liquid or pressurized carbon dioxide. Cover the wound with dry, sterile gauze compresses without removing the frost which may form around it. It may be beneficial to immerse burnt parts of the body in a water bath of 40°C. Obtain medical attention immediately.

Note: A physician should be consulted in cases of severe burns from the cold and in cases of inhalation of large quantities of carbon dioxide.

VII. EXPOSURE LIMITS

In many Canadian jurisdictions, exposure limits are similar to the Threshold Limit Values (TLVs) recommended by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). For carbon dioxide the current recommended TLVs are[13]:

1. Threshold Limit Value-Time Weighted Average (TLV-TWA) =
   5000 parts per million (ppm) or
   9000 milligrams per cubic metre (mg/m^3):

   This is "—the time weighted average concentration for a normal 8-hour workday and a 40-hour workweek, to which nearly all workers may be repeatedly exposed, day after day, without adverse effect."

2. Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit (TLV-STEL) =
   15,000 parts per million (ppm) or
   27,000 milligrams per cubic metre (mg/m^3):

   "A STEL is defined as a 15-minute time weighted average exposure which should not be exceeded at any time during a workday even if the eight-hour time weighted average is within the TLV. Exposures at the STEL should not be longer than 15 minutes and should not be repeated more than four times per day. There should be at least 60 minutes between successive exposures at the STEL."

CCOHS CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

> "It is not a separate independent exposure limit, rather it supplements the time weighted average (TWA) limit where there are recognized acute effects from a substance whose toxic effects are primarily of a chronic nature. STELs are recommended only where toxic effects have been reported from high short-term exposures in either humans or animals."

Certain Canadian jurisdictions have adopted the entire set of ACGIH TLVs for chemical substances by reference in their regulations. Others use the TLVs as guidelines for control of airborne contaminants. Still others specify exposure limits for chemical substances, including carbon dioxide, in their regulations. Since the manner in which exposure limits are established, interpreted and implemented can vary among the jurisdictions, detailed information should be sought from the appropriate government agency in each jurisdiction.

According to the preface in the ACGIH booklet:

> "Threshold limit values refer to airborne concentrations of substances and represent conditions under which it is believed that nearly all workers may be repeatedly exposed day after day without adverse effect. Because of wide variation in individual susceptibility, however, a small percentage of workers may experience discomfort from some substances at concentrations at or below the threshold limit; a smaller percentage may be affected more seriously by aggravation of a pre-existing condition or by development of an occupational illness."

> "Threshold limits are based on the best available information from industrial experience, from experimental human and animal studies and, when possible, from a combination of the three."

> "The TLV-TWA should be used as guides in the control of health hazards and should not be used as fine lines between safe and dangerous concentrations."

Exposure Limits in Other Nations

The approaches or mechanisms for establishing and applying occupational exposure limits can vary widely from country to country. Information on exposure limits in a number of foreign jurisdictions is available from CCOHS.

CCOHS CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

VIII. CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES

Chemical formula	CO_2

Physical Properties

Melting point (sublimation)	-78.5°C (-109.3°F)
Density	1.97 g/L at 0°C
Solubility	0.145 g/100 mL of water at 25°C; soluble in most organic solvents
Density of the gas	1.527 (air = 1)
Critical temperature	31.1°C (88°F)
Conversion factors (at 20°C)	1 ppm = 1.83 mg/m^3 1 mg/m^3 = 0.555 ppm

CCOHS CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

IX. REFERENCES

(1) Carbon Dioxide (Enviroguide collection). Ottawa, Ontario : Environment Canada, 1984

(2) Lambertsen, C.J. Therapeutic gases : oxygen, carbon dioxide, and helium. Drill's pharmacology in medicine. 4th edition. New York, N.Y. : McGraw-Hill Book Company, 1971. p. 1145-1179

(3) Schaefer, K.E. The effects of CO_2 and electrolyte shifts on the central nervous system. Selective Vulnerability of the Brain in Hypoxemia. Oxford, England : Blackwell Scientific Publication, 1961. p. 101-123

(4) Dripps, R.D.; Comroe, J.H., Jr. The respiratory and circulatory response of normal man to inhalation of 7.6 and 10.4 per cent CO_2 with a comparison of the maximal ventilation produced by severe muscular exercise, inhalation of CO_2 and maximal voluntary hyperventilation. The American Journal of Physiology. Vol. 149 (1947). p. 43-51

(5) Criteria for a recommended standard : occupational exposure to carbon dioxide. Cincinnati, OH : U.S. Department of Health, Education, and Welfare; National Institute for Occupational Safety and Health, 1976

(6) Schaefer, K.B. Effects of carbon dioxide as related to submarine and diving physiology (Memorandum Report 58-11). New London, Connecticut : U.S. Naval Medical Research Laboratory, 1958

(7) Schulte, J.H. Sealed environments in relation to health and disease. Archives of Environmental Health. Vol. 8 (March 1964). p. 438-452

(8) Weybrew, B.B. An exploratory study of the psychological effects of intermittent exposure to elevated carbon dioxide levels (Naval Submarine Medical Center Report No. 647). Groton, Connecticut : U.S. Naval Submarine Medical Center, 1970

(9) Haring, O.M. Cardiac malformations in rats induced by exposure of the mother to carbon dioxide during pregnancy. Circulation Research. Vol. VIII (November 1960). p. 1218-1227

CCOHS/CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

(10) Carbon dioxide. In: NIOSH pocket guide to chemical hazards. Cincinnati, OH : U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, 1985. p. 70-71

(11) Secourisme en milieu de travail (cahier de formation). Québec : Commission de la santé et de la sécurité du travail, 1985

(12) Lefèvre, M.J. Abrégé des urgences toxicologiques : produits chimiques industriels non pharmaceutiques. Paris, France : Masson, 1980

(13) Carbon dioxide. In: Documentation of the threshold limit values. 4th edition. Cincinnati, Ohio : American Conference of Governmental Industrial Hygienists Inc., 1980. p. 69-70

Note: Additional references on this subject are available from CCOHS upon request

While the Centre endeavours to ensure the accuracy and completeness of information provided, it is understood that the Centre makes no warranty as to the accuracy or completeness of such information and assumes no liability for any damages or loss suffered as a result of any inaccuracy or incompleteness therein.

CCOHS CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

ISSN 0827-8849

DIOXYDE DE CARBONE

Autres noms	Bioxyde de carbone, anhydride carbonique, CAS 124-38-9
Description	A température ambiante, le dioxyde de carbone est un gaz incolore et inodore. En milieu industriel on le trouve aussi sous forme liquide ou solide («glace sèche»).

RÉSUMÉ DES DANGERS

Exposition	L'inhalation est la voie principale d'exposition au dioxyde de carbone. Le contact des yeux ou de la peau avec le liquide ou le solide présente aussi un risque appréciable pour la santé.
Effets d'une exposition unique ou brève	Le contact de la peau avec le liquide ou le solide peut causer des gelures. L'inhalation de fortes concentrations peut causer: augmentation du rythme respiratoire, excitation, maux de tête, sensation d'étouffement (dyspnée), augmentation du tonus musculaire et, à très fortes concentrations, perte de connaissance et éventuellement mort par asphyxie.
Effets d'une exposition répétée ou prolongée	A faible concentration, l'exposition prolongée peut causer des signes de stress et des changements sur le plan émotif comme l'irritabilité. Pour une exposition prolongée ou répétée au dioxyde de carbone à haute concentration, on observe les mêmes effets que pour une exposition à court terme.
Risques d'explosion et d'incendie	Le dioxyde de carbone est non combustible et empêche généralement la combustion d'autres substances. C'est pourquoi il est utilisé comme agent extincteur d'incendie.
Réactivité chimique	Le dioxyde de carbone n'est pas un produit réactif.

Protection individuelle	Porter des vêtements protecteurs contre le froid pour la manipulation du dioxyde de carbone liquide ou solide. En présence d'une concentration de gaz supérieure aux limites permises, porter un appareil respiratoire approprié.
Entreposage	Sous forme liquide, entreposer sous pression dans des cylindres; sous forme solide, conserver dans des récipients isolés. Dans les deux cas, s'assurer que l'entrepôt est frais et ventilé. Le dioxyde de carbone est plus lourd que l'air et s'accumule au niveau du sol.
Limites d'exposition	Selon les recommandations de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) 1985-86. Moyenne pondérée sur le temps (MPT): 5000 parties par million (ppm) ou 9000 milligrammes par mètre cube (mg/m^3). Limite d'exposition à court terme (LECT): 15 000 parties par million (ppm) ou 27 000 milligrammes par mètre cube (mg/m^3).

La MPT est définie comme étant la concentration moyenne pondérée sur le temps correspondant à une journée de travail normale de 8 heures à raison de 40 heures par semaine.

La LECT est définie comme étant l'exposition moyenne pondérée sur une période de 15 minutes, ne devant pas être dépassée au cours d'une journée de travail. L'exposition à la LECT ne doit pas dépasser 15 minutes et ne doit pas se reproduire plus de 4 fois par jour. Il doit y avoir au moins 60 minutes d'intervalle entre deux expositions successives à la LECT.

PORTÉE DU DOCUMENT

La présente fiche a été préparée par le personnel du Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST) et s'adresse surtout, comme source de renseignements, aux personnes qui, par leur travail, risquent d'être exposées au produit. L'information recueillie est, croit-on, fiable et concerne généralement les questions d'hygiène au travail. Il est aussi possible de se procurer d'autres renseignements portant sur des situations particulières. Les données scientifiques sont souvent limitées et peuvent être interprétées de diverses façons. Il nous fera plaisir de recevoir d'autres renseignements, corrections, commentaires et questions relatifs à cette fiche, ou à des problèmes particuliers. Il suffit de les adresser au Service des demandes de renseignements, CCHST, 250 rue Main est, Hamilton (Ontario), L8N 1H6, tél: 416-572-2981.

Le présent document a été mis à jour pour la dernière fois le 13 mai 1986.

No de catalogue CC273-4/86-7F
ISBN 0-660-91826-9
CCHST C86-7F

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

TABLE DES MATIÈRES

	RÉSUMÉ	i/1
I.	UTILISATIONS ET SOURCES	3
II.	TOXICOLOGIE	4
III.	RISQUES D'INCENDIE ET D'EXPLOSION	6
IV.	LIMITATION DE L'EXPOSITION	6
V.	MANUTENTION ET ENTREPOSAGE DE PETITES QUANTITÉS	8
VI.	PREMIERS SOINS	8
VII.	LIMITES D'EXPOSITION	9
VIII.	PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES	11
IX.	RÉFÉRENCES	12

I. UTILISATIONS ET SOURCES

Le dioxyde de carbone (CO_2) est un des gaz se trouvant naturellement dans l'atmosphère. On trouve normalement de 320 à 500 ppm (0,032% à 0,050%) de dioxyde de carbone dans l'air . Le CO_2 est produit lors de la combustion complète des matières organiques. Il est utilisé principalement dans la fabrication d'autres produits chimiques tels que le méthanol et l'urée. Sous forme de gaz, le CO_2 est utilisé dans la fabrication et la conservation des denrées périssables, la fabrication de boissons gazeuses, dans l'industrie pétrolière, le soudage à l'arc, les aérosols, et la fabrication des noyaux et moules de fonderie. Sous forme liquide, on l'utilise surtout dans les extincteurs chimiques, comme réfrigérant dans l'industrie alimentaire, réfrigérant pour wagons, navires et camions frigorifiques et comme source de pression pour l'extraction du charbon et pour les outils à gaz comprimé. Enfin, sous forme solide ou «glace sèche», le CO_2 est généralement utilisé pour la réfrigération, le mélange et la pulvérisation de matériaux sensibles à la chaleur[1].

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Voies d'exposition
L'inhalation est la voie principale de pénétration du dioxyde de carbone dans l'organisme. Le contact cutané avec le solide ou le liquide peut aussi causer un risque pour la santé[2].

Élimination
Le dioxyde de carbone est produit naturellement par le corps humain. Il est éliminé par l'intermédiaire des poumons sous forme de CO_2 et des reins sous forme de carbonates[2].

Effets d'une exposition unique ou brève chez l'humain

Inhalation
Les symptômes d'une exposition unique au dioxyde de carbone varient avec la concentration et le temps d'exposition. L'effort physique peut aussi contribuer à la gravité des symptômes observés. En effet, l'augmentation du rythme respiratoire causé par un accroissement de l'activité physique implique l'absorption d'une plus grande quantité de CO_2 qu'au repos. Ce phénomène est généralement observé lorsque la concentration dépasse 2% (20 000 ppm)[2]. Les principaux effets d'une inhalation brève de CO_2 sont résumés dans le tableau 1.

L'inhalation du dioxyde de carbone pendant plusieurs heures à des concentrations variant de 2 à 6% peut causer maux de tête, dépression, troubles de la vision et tremblements incontrôlés. Une concentration de 10% pendant quelques heures peut provoquer la perte de connaissance[7].

Effets sur la peau
Le contact avec le dioxyde de carbone solide, liquide, ou gazeux à la sortie d'un cylindre sous pression peut causer des brûlures par le froid (gelures) plus ou moins graves[1].

Effets sur les yeux
Le contact des yeux avec le dioxyde de carbone solide, liquide, ou gazeux à la sortie d'un cylindre sous pression peut causer des brûlures de la cornée[1].

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Tableau 1

Effets d'une exposition unique
au dioxyde de carbone chez l'humain

Concentration	Temps d'exposition	Symptômes observés	Références
3,3-7,5% (33,000-75,000 ppm)	15 minutes	Augmentation du rythme respiratoire, des battements du coeur, du tonus musculaire et du temps de réaction des yeux	3
7,5%	15 minutes	Maux de tête, étourdissements, agitation musculaire	3
7,6%	7,4 minutes	Sensation d'étouffement, étourdissements, maux de tête, transpiration, lourdeur de tête	4
10%	1,5 minutes	Clignotements des yeux, excitation, tics nerveux	2
15%	3 minutes	Augmentation du tonus musculaire, transpiration, agitation, dilatation des pupilles, spasmes musculaire, rougissement de la peau	2
30%	24-28 sec.	Perte de connaissance	5

Effets d'une exposition prolongée

A basses concentrations, l'exposition prolongée au dioxyde de carbone ne cause pas de trouble particulier. Une exposition à 1,5% (15 000 ppm) de dioxyde de carbone pendant 42 jours a causé des signes de stress léger[1]. Une exposition de 5 jours à 6% de dioxyde de carbone a causé des changements sur le plan émotif[8].

L'exposition prolongée à une concentration de dioxyde de carbone égale ou supérieure à 1,5% (15 000 ppm) semble produire une adaptation ou tolérance du système respiratoire[6] à une exposition subséquente.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Effets sur la reproduction
L'exposition de rats à 6% (60 000 ppm) de CO_2 pendant 24 heures, entre le 5ème et le 21ème jour de gestation, a provoqué différentes lésions au coeur et au squelette des nouveaux-nés[5]. On a observé le même type d'effets chez des lapins exposés à des concentrations de CO_2 de 10 et 13% (100 000 et 130 000 ppm) pendant 4 à 10 heures par jour, de 2 à 3 jours, entre le 7ème et le 12ème jour de gestation[9]

Chez l'humain, une exposition à de tels niveaux de concentration provoquera des effets sérieux sur la santé de la mère. Par contre, il est très peu probable de retrouver des concentrations de CO_2 aussi élevées dans des milieux de travail normaux. De ce fait, le risque d'effets sur la reproduction chez l'humain est relativement très faible.

Données sur la toxicité chez les animaux
La capacité toxique relative d'un composé gazeux peut être évaluée à partir de la CL_{50} (Concentration létale), ou d'autres valeurs qui sont obtenues au cours de tests sur des animaux. La CL_{50} est la concentration dans l'air qui tue la moitié des animaux après une exposition de 4 heures ou de toute autre période indiquée.

La CL_{min} est la plus faible concentration létale observée. La CT_{min} est la plus faible concentration produisant un effet toxique observable. Les animaux utilisés sont d'habitude des rats, des souris ou d'autres rongeurs. Pour le dioxyde de carbone, les doses toxiques sont:

CT_{min} (rat, inhalation, effets sur le développement des nouveaux-nés)	60 000 ppm (6%)/24 heures
CL_{min} (rat, inhalation)	65,6%/15 minutes

III. RISQUES D'INCENDIE ET D'EXPLOSION

Le dioxyde de carbone est une substance chimique non combustible et non réactive. De plus, il empêche généralement la combustion d'autres substances et, de ce fait, est utilisé comme agent extincteur d'incendie[1]. Il y a risque d'explosion si les bonbonnes sous pression dans lesquelles le CO_2 est entreposé sont endommagées.

IV. LIMITATION DE L'EXPOSITION

La meilleure façon de prévenir l'exposition aux substances chimiques dangereuses consiste à élaborer des méthodes de travail et des mesures d'ingénierie. Parmi les principales mesures de limitation, on compte:

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Substitution	Ventilation de la zone de travail
Isolation	Techniques de travail
Confinement	Mesures d'hygiène individuelle
Evacuation locale des émanations	Equipement de protection individuelle

On peut appliquer une ou plusieurs de ces mesures à la fois dans une situation donnée. Il est habituellement nécessaire d'étudier le milieu de travail et d'envisager les exigences techniques des méthodes de travail avant de procéder à des changements importants.

Dans le cas du dioxyde de carbone, l'évacuation locale des émanations par l'intermédiaire d'un système de ventilation indépendant est la méthode de contrôle préférée. Dans les situations où de telles mesures ne peuvent être appliquées, le seul recours est l'utilisation d'appareils respiratoires pour la protection des travailleurs.

Protection des voies respiratoires
En général, les points à considérer avant de décider d'une méthode de protection des voies respiratoires comprennent:

Choix de l'appareil respiratoire approprié
Ajustement de l'appareil au visage
Entretien de l'appareil
Durée d'utilisation de la cartouche
Formation du personnel

Il faut choisir des appareils respiratoires appropriés au type de produit, à la nature du danger, à la concentration et à la durée d'exposition. Ces facteurs sont décrits de façon plus détaillée dans la norme Z94.4 de l'ACNOR, «Choix, entretien et utilisation des appareils respiratoires». Pour obtenir ce document, s'adresser à l'Association canadienne de normalisation.

Pour le dioxyde de carbone NIOSH recommande les mesures de protection suivantes*[10]:

Concentration des vapeurs inférieure ou égale à 50 000 ppm (90 000 mg/m^3):
Appareil respiratoire à adduction d'air ou
Appareil respiratoire autonome.

*Note: Ces recommandations s'appliquent aux appareils respiratoires approuvés par NIOSH/MSHA.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Situation d'urgence ou entrée dans un endroit où la concentration est inconnue ou conditions immédiatement dangereuses pour la santé ou la vie humaine:

Appareil respiratoire autonome muni d'un écran facial et fonctionnant à demande ou à toute autre méthode à pression positive; ou
Appareil respiratoire à adduction d'air muni d'un écran facial et fonctionnant à demande ou à toute autre méthode à pression positive et incluant un appareil respiratoire autonome auxiliaire fonctionnant à demande ou à toute autre méthode à pression positive.

Evacuation d'urgence:
Appareil respiratoire autonome pour évacuation d'urgence.

Protection de la peau et des yeux
Le travail avec le dioxyde de carbone liquide ou solide peut nécessiter l'emploi d'équipement de protection contre l'exposition au froid.

V. MANUTENTION ET ENTREPOSAGE DE PETITES QUANTITÉS

Les cylindres contenant du dioxyde de carbone sous pression doivent être entreposés dans un endroit frais. Le dioxyde de carbone solide («glace sèche») doit être conservé dans des contenants isolants afin de limiter l'émission du gaz. Dans les deux cas, l'entrepôt doit être muni d'un système de ventilation général indépendant afin d'éviter l'accumulation du gaz. L'addition d'un système de surveillance continue (e.g. analyseur à lecture direct couplé avec un système d'alarme) des concentrations de dioxyde de carbone dans l'entrepôt est aussi recommandé.

VI. PREMIERS SOINS

Mesures de premiers soins recommandées en cas d'intoxication au dioxyde de carbone[11,12]:

Inhalation
Avant de pénétrer dans un endroit où il y a risque d'exposition au CO_2, prendre les moyens nécessaires afin d'assurer sa propre sécurité (voir section sur la protection des voies respiratoires). Supprimer la source de contamination ou placer la victime à l'air frais. Si la victime ne respire plus, commencer immédiatement la respiration artificielle. Si le coeur ne bat plus, commencer immédiatement la ressucitation cardio-pulmonaire. Une personne qualifiée devrait administrer de l'oxygène dès que possible. Faire appel à un médecin sauf dans les cas très bénins d'intoxication.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Yeux
En cas de contact avec du dioxyde de carbone solide ou liquide (donc extrêmement froid), couvrir les yeux avec des compresses de gaze stérile sèches et consulter un médecin immédiatement.

Peau
En cas de contact avec du dioxyde de carbone solide, liquide ou sous pression, éviter de toucher les parties du corps atteintes. Sans enlever le givre qui peut se former autour de la blessure, la recouvrir de compresses de gaze stérile sèches. L'immersion des parties du corps brûlées, dans un bain d'eau à environ 40°C, peut être bénéfique. Consulter un médecin immédiatement.

Note: Consulter un médecin en cas de brûlures importantes par le froid et dans les cas d'inhalation de quantités importantes de dioxyde de carbone.

VII. LIMITES D'EXPOSITION

Au Canada, la plupart des limites d'exposition sont fondées sur le seuil admissible d'exposition (SAE) recommandé par l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Dans le cas du dioxyde de carbone, les SAE en vigueur sont[13]:

1. Seuil admissible d'exposition moyenne pondérée sur le temps (SAE-MPT) = 5000 parties par million (ppm) ou 9000 milligrammes par mètre cube (mg/m^3):

Il s'agit de «la concentration moyenne pondérée sur le temps pour une journée normale de travail de 8 heures et une semaine de travail de 40 heures, à laquelle presque tous les travailleurs peuvent être exposés de façon répétée, jour après jour, sans effets néfastes.»

2. Seuil admissible d'exposition - limite d'exposition à court terme (SAE-LECT) = 15 000 parties par million (ppm) ou 27 000 milligrammes par mètre cube (mg/m^3):

«La LECT est définie comme une exposition moyenne pondérée sur le temps pour 15 minutes, qui ne doit jamais être dépassée pendant une journée de travail, même lorsque la moyenne pondérée sur le temps pour 8 heures ne dépasse pas la SAE. L'exposition à la LECT ne devrait pas dépasser 15 minutes ni être répétée plus de quatre fois par jour. Il doit y avoir un intervalle d'au moins 60 minutes entre des expositions successives à la LECT.»

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H9

> «Il ne s'agit pas d'une limite d'exposition indépendante, mais plutôt d'une façon de compléter la moyenne pondérée sur le temps (MPT) dans les cas connus d'intoxication aiguë par une substance dont la toxicité est surtout de nature chronique. L'utilisation des LECT n'est recommandée que lorsque des effets toxiques ont été signalés chez des humains ou des animaux après une exposition brève à des concentrations élevées.»

Certaines réglementations canadiennes ont adopté tel quel l'ensemble complet des seuils admissibles d'exposition (SAE) recommandés par l'ACGIH pour les substances chimiques. Dans certaines autres, ces valeurs ne sont utilisées que comme guides de référence dans la limitation des substances contaminantes de l'air. D'autres encore spécifient les limites d'exposition pour les produits chimiques, y compris le dioxyde de carbone. Comme ces limites sont établies, interprétées et appliquées de façons différentes par les diverses administrations ayant juridiction sur ces questions, il est recommandé de consulter les organismes gouvernementaux compétents dans chaque région.

> Selon la préface de la brochure de l'ACGIH:
>
> «Le seuil admissible d'exposition correspond aux concentrations de substances dans l'air et représente des conditions auxquelles on estime que presque tous les travailleurs peuvent être exposés jour après jour, sans être affectés. Cependant, comme la sensibilité varie fortement d'une personne à l'autre, un faible pourcentage des travailleurs peuvent ressentir des malaises après une exposition à des concentrations égales ou inférieures au seuil admissible pour certaines substances; une proportion encore plus faible d'individus déjà sensibilisés peuvent être affectés plus sérieusement par l'aggravation d'un trouble déjà existant ou par l'apparition d'une maladie professionnelle.»
>
> «Les seuils admissibles d'exposition sont basés sur les meilleurs renseignements provenant de l'expérience industrielle, d'études expérimentales chez l'humain et d'études chez les animaux et, lorsque c'est possible, de l'ensemble des trois.»
>
> «Le SAE-MPT doit servir de guide pour limiter les dangers pour la santé. Il ne constitue pas une limite entre les concentrations ne présentant pas de dangers et les concentrations dangereuses.»

Limites d'exposition dans d'autres pays

Les méthodes ou procédures appliquées pour établir et mettre en vigueur les limites d'exposition varient considérablement d'un pays à l'autre. On peut se procurer les renseignements concernant les limitations en vigueur dans divers pays en s'adressant au CCHST.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

VIII. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Formule chimique	CO_2

Propriétés physiques

Point de fusion (sublimation)	-78,5°C (-109,3°F)
Densité	1,97 g/L à 0°C
Solubilité	0,145 g/100 mL d'eau à 25°C; soluble dans la plupart des solvants organiques
Densité du gaz	1,527 (air = 1)
Température critique	31,1°C (88°F)
Facteurs de conversion (à 20°C)	1 ppm = 1,83 mg/m^3 1 mg/m^3 = 0,555 ppm

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

IX. RÉFÉRENCES

(1) Le dioxyde de carbone (collection Enviroguide). Ottawa, Ontario : Environnement Canada, 1984

(2) Lambertsen, C.J. Therapeutic gases : oxygen, carbon dioxide, and helium. Drill's pharmacology in medicine. 4th edition. New York, N.Y. : McGraw-Hill Book Company, 1971. p. 1145-1179

(3) Schaefer, K.E. The effects of CO_2 and electrolyte shifts on the central nervous system. Selective Vulnerability of the Brain in Hypoxemia. Oxford, England : Blackwell Scientific Publication, 1961. p. 101-123

(4) Dripps, R.D.; Comroe, J.H., Jr. The respiratory and circulatory response of normal man to inhalation of 7.6 and 10.4 per cent CO_2 with a comparison of the maximal ventilation produced by severe muscular exercise, inhalation of CO_2 and maximal voluntary hyperventilation. The American Journal of Physiology. Vol. 149 (1947). p. 43-51

(5) Criteria for a recommended standard : occupational exposure to carbon dioxide. Cincinnati, OH : U.S. Department of Health, Education, and Welfare; National Institute for Occupational Safety and Health, 1976

(6) Schaefer, K.B. Effects of carbon dioxide as related to submarine and diving physiology (Memorandum Report 58-11). New London, Connecticut : U.S. Naval Medical Research Laboratory, 1958

(7) Schulte, J.H. Sealed environments in relation to health and disease. Archives of Environmental Health. Vol. 8 (March 1964). p. 438-452

(8) Weybrew, B.B. An exploratory study of the psychological effects of intermittent exposure to elevated carbon dioxide levels (Naval Submarine Medical Center Report No. 647). Groton, Connecticut : U.S. Naval Submarine Medical Center, 1970

(9) Haring, O.M. Cardiac malformations in rats induced by exposure of the mother to carbon dioxide during pregnancy. Circulation Research. Vol. VIII (November 1960). p. 1218-1227

(10) Carbon dioxide. In: NIOSH pocket guide to chemical hazards. Cincinnati, OH : U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, 1985. p. 70-71

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

(11) Secourisme en milieu de travail (cahier de formation). Québec : Québec : Commission de la santé et de la sécurité du travail, 1985

(12) Lefèvre, M.J. Abrégé des urgences toxicologiques : produits chimiques industriels non pharmaceutiques. Paris, France : Masson, 1980

(13) Carbon dioxide. In: Documentation of the threshold limit values. 4th edition. Cincinnati, Ohio : American Conference of Governmental Industrial Hygienists Inc., 1980. p. 69-70

Note: Pour obtenir des références supplémentaires à ce sujet, s'adresser au CCHST.

Le Centre s'efforce de veiller à ce que l'information qu'il distribue est exacte et exhaustive. Cependant, il est entendu que le Centre ne se porte pas guarant que ladite information est exacte et exhaustive et ne sera tenu responsable d'aucun dommage ni d'aucune perte découlant de l'utilisation d'une information inexacte ou incomplète.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6